

# 云南地区种子植物东亚分布成分的地理分布格局

冯建孟<sup>1\*</sup>, 朱有勇<sup>2,3</sup>

1. 大理学院生命科学与化学学院, 云南 大理 671000; 2. 云南农业大学农业生物多样性应用技术国家工程研究中心, 云南 昆明 650201;  
3. 农业生物多样性和病虫害控制教育部重点实验室, 云南 昆明 650201

**摘要:** 植物区系分析是理解植被起源、性质和分布的基础。本研究利用大尺度的区系分布信息, 结合地理信息系统平台和统计分析方法, 探讨了云南地区种子植物东亚分布成分的地理分布格局以及“田中线”的生物地理意义。结果表明, 东亚分布成分及其亚型所占比重均随着纬度的升高呈递增趋势。在经度梯度上, 中国—日本植物分布亚型所占的比重从东到西呈递减趋势, 而中国—喜马拉雅分布亚型所占比重的经度格局则与此相反。东亚分布成分在云南地区的扩散方向以由北到南为主, 其次为经度梯度上的双向迁移。与过去的研究不同, 本研究结果表明, 东亚分布成分在云南地区的起源中心更可能为滇西北。我们未能证实“田中线”对中国—喜马拉雅分布亚型的分布具有限制意义, 但对东亚分布成分(总体)和中国—日本分布亚型在云南地区的分布具有严格的限制意义。

**关键词:** 东亚分布; 地理分布格局; 起源中心; 田中线; 云南

**中图分类号:** Q948      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5906 (2009) 06-2249-05

植物区系是组成植被的基础。对植物区系起源、分布和组成的分析对我们更好地理解植被的发生、演化和分布均具有重要意义。云南地区受地质历史和近代复杂地形的双重影响, 植物区系成分数量丰富, 组成复杂, 空间分异明显<sup>[1]</sup>。因此, 相关研究一直以来受到学界广泛关注。作为云南地区两大区系成分之一, 东亚分布成分是云南地区温带区系的主体, 并在一定程度上影响着云南地区, 尤其是云南北部地区植物区系的组成及其分布格局<sup>[1,2]</sup>。总体上, 东亚分布区系成分可以细分为东亚分布广布亚型、中国—日本分布亚型(SJ)与中国—喜马拉雅分布亚型(SH)。其中, 对中国—喜马拉雅分布亚型(SH)的研究表明, 滇中地区拥有大量该亚型成分, 因此, 该地区可能是中国—喜马拉雅分布亚型(SH)的起源和分布中心<sup>[1,3]</sup>; 同时, 也有研究表明, 中国—日本分布亚型成分(SJ)主要见于滇东北地区, 并造成该地区的植物区系与云南大多数地区不同<sup>[1]</sup>。有关“田中线”的研究表明, 该生物地理分界线可能是东亚分布成分、中国—日本植物分布亚型(SJ)和中国—喜马拉雅分布亚型(SH)在云南地区的分界线<sup>[4-6]</sup>。但纵观过去的相关研究, 笔者发现, 截止目前, 有关云南地区东亚分布成分地理分布格局的研究还是比较少见, 而且相关研究还可能缺乏综合、量化的分析和统计检验。因此, 本研究以覆盖云南地区全境的东亚分布成分的地理分布信息为基础, 利用统计分析的方法结合地理信息系统平台, 探讨了云南地区东

亚分布成分的地理分布格局, 并对相关问题展开了探讨, 以期为更好地理解云南地区植物区系的起源、迁移和分布提供新的理论依据。

## 1 数据来源

本研究中东亚分布成分的分布信息主要提取自《云南植物志》(1-16卷)<sup>[7]</sup>, 同时, 也参考了其他地方性植物志和自然保护区考察报告中的植物名录<sup>[8-25]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 东亚分布成分信息的提取

利用源数据提取每个物种的分类地位和科、属、种的拉丁名, 参照吴征镒(1991)<sup>[26]</sup>有关中国种子植物属的分布区类型的界定, 对每个属进行区系类型标识, 据此获得东亚分布成分的信息。其中, 东亚分布成分可以细分为东亚分布广布亚型、中国—日本植物分布亚型(SJ)与中国—喜马拉雅分布亚型(SH)。

### 2.2 东亚分布成分地理分布数据库的建立

根据源数据中东亚分布成分(包括亚型, 下同)的分布信息, 通过整理、归类获得研究区域内各县(市、区)中东亚分布成分属的组成和数量, 以属为单位, 统计各研究单元内东亚分布成分属数占有非世界属总数的百分比, 以此为基础建立东亚分布成分的地理分布数据库。

### 2.3 东亚分布成分地理分布图的绘制

利用东亚分布成分的地理分布数据库, 通过地

**基金项目:** 国家 973 计划项目(2006CB100200)

**作者简介:** 冯建孟(1971年生), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为云南地区植物多样性的空间分布格局。E-mail: fjm@pku.org.cn

\*通讯作者

**收稿日期:** 2009-10-21

理信息系统平台与云南县域区划矢量图进行空间联合,在此基础上对区系成分所占的比重分别进行空间显示。

#### 2.4 东亚分布成分地理分布格局的分析

通过地理信息系统,获得各县域的经度的东限和西限以及纬度的北限和南限,分别获得各研究单元的经度中值和纬度中值,在此基础上,结合各研究单元的东亚分布成分不同亚型成分所占的比重,利用 SPSS 统计软件包分别对区系成分在经度和纬度上的分布趋势进行统计检验。

#### 2.5 “田中线”限制意义的分析

根据“田中线”的地理区位分布(图 1),对源数据进行分组,即以“田中线”以东的地理单元(县、市或区,下同)归并为一组,简称为 E 组,以西的地理单元也归并为一组,简称为 W 组。其中 E 组由 70 个县(市、区)构成, W 组由 56 个县(市、区)组成。本研究对 W 组和 E 组的区系成分(包括中国—日本分布亚型(SJ)、中国—喜马拉雅分布亚型(SH)和东亚分布成分)所占的比重,采用(非参数) Mann-Whitney Test 检验的方法进行统计分析。若分析结果表明显著性水平  $P < 0.05$ , 这说明假设成立,“田中线”存在的真实性不能被否定;反之,则该假设不成立,“田中线”的存在不能被证实。

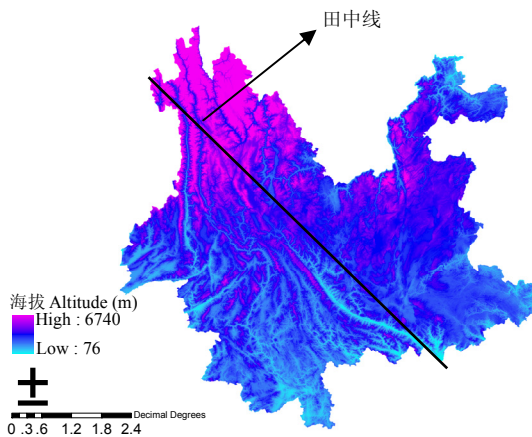


图 1 “田中线”地理区位示意图

Fig.1 The map showing the geographical location of Tanaka Line

### 3 研究结果

#### 3.1 云南地区东亚分布成分(总体)的地理分布格局

从图 2 可以看出,东亚分布成分所占比重在云南地区的空间变幅大致在 5%~14%之间。进一步分析,发现云南地区东亚分布成分所占比重随着纬度的升高,呈单调递增趋势( $P < 0.001$ ),即该区系成分所占比重的高值主要出现在云南北部地区,而低值则主要出现在南部地区。在经度梯度上,从东到西,

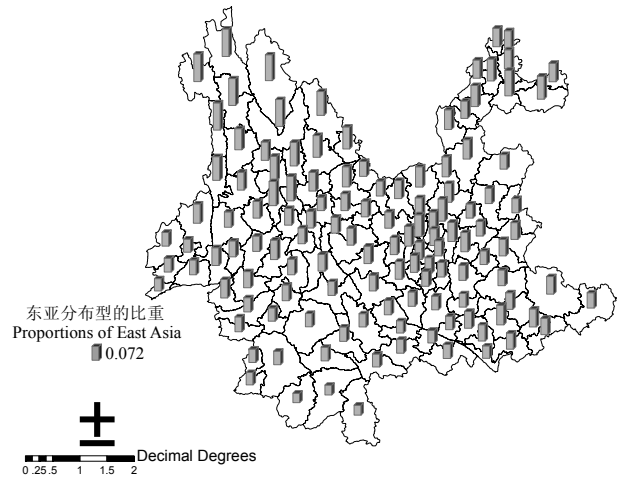


图 2 东亚分布区类型比重的空间分布格局

Fig.2 Spatial patterns of proportions of flora of East Asia

我们发现该区系成分所占比重未表现出明显的变化趋势( $P > 0.05$ )。同时,我们也发现“田中线”对该区系成分在云南地区的分布具有明显的限制作用( $P < 0.05$ )。

#### 3.2 云南地区东亚分布广布亚型的地理分布格局

从图 3 可以看出,云南地区东亚成分广布亚型所占比重的空间变幅大致在 2%~6%之间。在纬度梯度上,从南到北该区系分布亚型所占比重从南到北呈递增趋势( $P < 0.001$ )。在经度梯度上,我们发现该区系分布亚型所占的比重无明显变化趋势( $P > 0.05$ )。总体上,该区系分布亚型所占比重的高值主要出现在云南北部地区,尤其是滇西北地区和滇东北地区,而低值主要出现在滇南、滇东南和滇西南等云南南部地区。

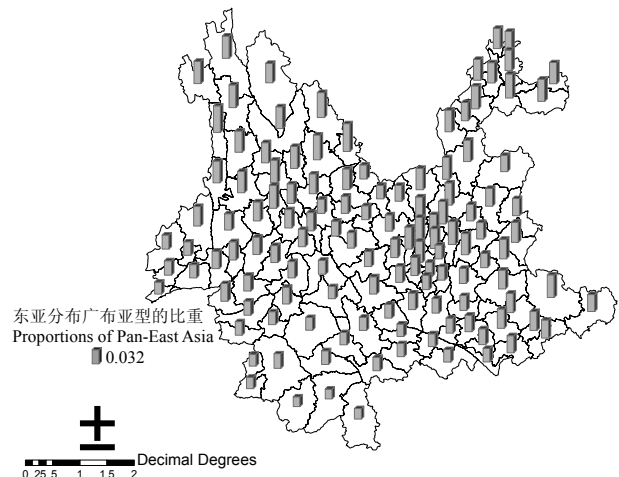


图 3 东亚分布广布亚型比重的空间分布格局

Fig.3 Spatial patterns of proportions of flora of Pan-East Asia

### 3.3 云南地区中国—日本植物分布亚型(SJ)的地理分布格局

从图4可以看出,中国—日本植物分布亚型(SJ)所占比重的空间变幅,大致在0.2%~3%之间。在纬度梯度上,从南到北该区系分布亚型所占比重从南到北呈递增趋势( $P<0.001$ )。在经度梯度上,该区系分布亚型所占比重从东到西呈单调递减趋势( $P<0.001$ )。与此相一致的是,该区系分布亚型所占比重的高值主要出现在位于滇东北的昭通地区,而低值则主要出现在滇西南和滇南等地区。同时,我们也发现“田中线”对该区系分布亚型在云南地区的地理分布具有明显的限制作用( $P<0.01$ )。

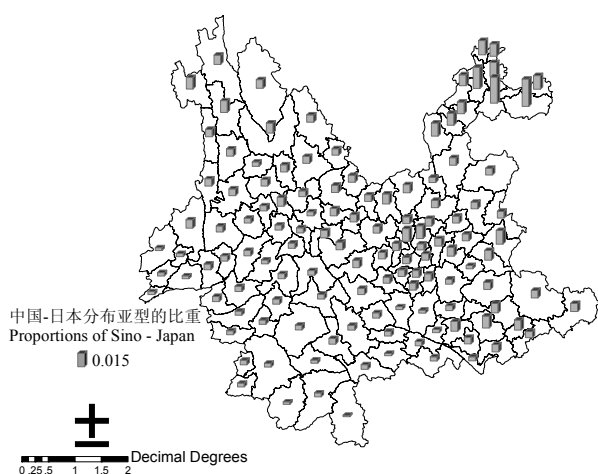


图4 中国—日本分布区类型比重的空间分布图

Fig.4 Spatial patterns of proportions of flora of Sino-Japan

### 3.4 云南地区中国—喜马拉雅分布亚型(SH)的地理分布格局

从图5可以看出,中国—喜马拉雅植物分布亚型(SH)所占比重在云南地区的空间变幅大致在

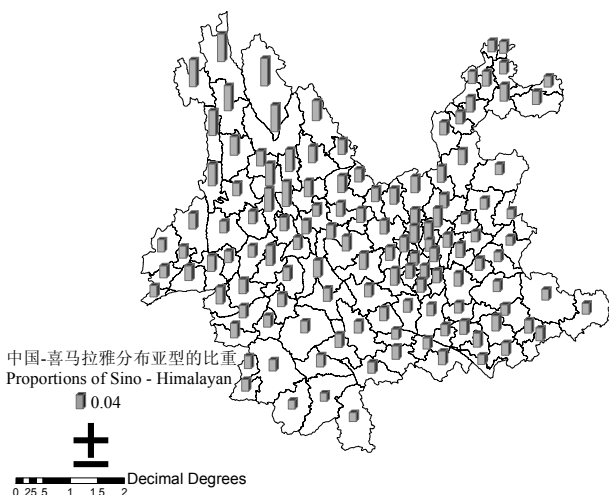


图5 中国喜马拉雅分布区类型比重的空间分布图

Fig.5 Spatial patterns of proportions of flora of Sino-Himalayan

2%~10%之间。进一步分析发现,在纬度梯度上,该区系分布亚型所占比重从南到北呈递增趋势( $P<0.001$ )。在经度梯度上,该区系分布亚型所占比重从西到东呈单调递减趋势( $P<0.01$ )。与此相一致的是,该区系成分所占比重的高值主要出现在滇西北地区,而低值则主要出现在滇南、滇东南和滇西南地区。同时,我们也发现“田中线”对该区系分布亚型在云南地区的分布不具有明显的限制作用( $P>0.05$ )。

## 4 讨论

本研究以覆盖云南地区全境的东亚区系分布信息为基础源数据,探讨了研究区域内该区系成分(包括亚型)的地理分布格局,并对其在云南地区的起源中心进行了探讨,同时就“田中线”对该区系成分地理分布的限制意义进行了相对综合、量化的分析。这对于更好地理解云南地区东亚分布区系的起源、迁移、分布和“田中线”的生物地理内涵具有重要意义。

本研究结果表明,东亚分布成分所占比重(包括其各亚型所占的比重)在纬度梯度上,从南到北呈明显递增趋势,即该区系成分在云南地区存在着由北到南的扩散、迁移趋势。在经度梯度上,我们发现除了广布亚型以外,中国—喜马拉雅植物分布亚型(SH)和中国—日本分布亚型(SJ)所占的比重均呈明显的变化趋势。这可能意味着,东亚分布成分在云南地区的迁移、扩散总体上以由北到南扩散为主,其次为由东向西和由西向东的双向扩散。

过去的研究认为,滇中高原属于泛北极区,中国喜马拉雅植物亚区。植物区系起源于古北大陆和古南大陆之间,含有较多古地中海成分,后来由于喜马拉雅山的抬升,植物区系发生分化,出现了大量中国—喜马拉雅特有植物。因此,滇中高原可能是中国—喜马拉雅分布成分的发源地<sup>[3]</sup>。但笔者发现,上述研究结论的获得主要是基于滇中高原植物区系组成中中国—喜马拉雅特有植物丰富度的独立分析,并由此推断该地区可能是该区系成分在云南地区的起源地。但我们认为该研究缺乏与其他周边地区进行综合考虑的全局性分析。与过去的相关研究不同,本研究以覆盖云南地区全境的中国—喜马拉雅植物区系(亚型)成分的分布信息为源数据,对该区系分布亚型的地理分布进行了全局性的分析。结果表明,在云南地区中国—喜马拉雅分布亚型所占比重的高值主要出现于滇西北地区,并且在滇西北地区,该区系成分所占的比重总体上明显高于滇中地区。中国—喜马拉雅分布亚型的比重总体上以滇西北为中心呈扇形向周围呈逐渐递减趋势。这可能意味着滇西北地区可能是该区系分布亚型

在云南地区的起源中心,以此为中心,该区系成分亚型向周围扩散,而滇中地区则可能是该区系成分在其扩散路径中的某一个区域。从地质历史和生物地理区位来看,滇西北地区与滇中地区相比,更有可能受到喜马拉雅山抬升作用的影响,并发生植物区系的分化或演化,从而出现大量的中国—喜马拉雅特有植物。因此,我们认为,相比滇中地区而言,滇西北地区更有可能是中国—喜马拉雅特有植物在云南地区的起源中心。当然,这只是笔者初步的思考,相关问题有待以后进一步探讨。

1992年,李锡文和李捷<sup>[5]</sup>通过对特定植物类群在云南地区的分布情况探讨“田中线”的生物地理意义,认为“田中线”对中国—喜马拉雅分布成分(SH)和中国—日本分布成分(SJ)在云南地区的分布具有重要的限制作用。但本研究结果与此不同,本研究结果表明,“田中线”对中国—日本分布亚型(SJ)的地理分布格局具有明显的限制意义,但对中国—喜马拉雅分布亚型(SH)地理分布的限制并不严格。造成这一差异的原因可能在于本研究以研究区域内所有东亚分布属(包括亚型)的地理分布信息为源数据,同时结合统计检验的分析方法进行分析,而李锡文和李捷(1992)<sup>[5]</sup>的研究则以特定植物类群的分布信息为源数据,缺乏相应的广泛数据源支持和统计检验方法的运用。2003年,朱华和阎丽春<sup>[6]</sup>以该生物地理分界线西侧4个地理单元的区系组成为源数据,探讨“田中线”的生物地理意义,认为“田中线”对中国—喜马拉雅分布成分和中国—日本分布成分的地理分布具有严格的限制意义,但对于古北大陆起源的东亚分布成分的地理界限作用并不明显,但本研究结果与此不同,我们发现“田中线”仅对中国—日本分布成分和东亚分布成分(总体)的地理分布具有限制意义。造成这一差异的原因,笔者认为也可能在于源数据和分析方法的不同。朱华和阎丽春(2003)<sup>[6]</sup>的研究其数据来源是“田中线”西侧的4个地理单元的植物区系,缺乏对“田中线”两侧相关区系分布信息的综合分析和统计检验方法的运用。本研究与此不同,我们考虑到了“田中线”两侧区系组成的分异,并以此为界线将研究区域分为东、西两组,进行统计检验分析。因此,本研究结果可能具有更高的可靠性。这同时也意味着对于“田中线”生物地理意义的理解还有待以后进一步的探索。

## 5 结论

本研究利用大尺度的区系分布信息,结合地理信息系统平台和统计分析方法,探讨了云南地区种子植物东亚分布成分的地理分布格局以及“田中线”的生物地理意义。主要结论如下:

(1)结果表明,东亚分布成分及其亚型所占比重

均随着纬度的升高呈递增趋势;

(2)在经度梯度上,中国—日本植物分布亚型所占的比重从东到西呈递减趋势,而中国—喜马拉雅分布亚型所占比重的经度格局则与此相反;

(3)东亚分布成分在云南地区的扩散方向以由北到南为主,其次为经度梯度上的双向迁移;

(4)与过去的研究不同,本研究结果表明,东亚分布成分在云南地区的起源中心更可能为滇西北;

(5)我们未能证实“田中线”对中国—喜马拉雅分布亚型的分布具有限制意义,但对东亚分布成分(总体)和中国—日本分布亚型在云南地区的分布具有严格的限制意义。

## 参考文献:

- [1] 《云南植被》编写组. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 1-200. Editor Board of Vegetation of Yunnan. Vegetation of Yunnan[M]. Beijing: Science Press, 1987: 1-200.
- [2] 李锡文. 云南植物区系[J]. 云南植物研究, 1985, 7(4): 361-382. LI Xiwen. Flora of Yunnan[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1985, 7(4): 361-382.
- [3] 李锡文. 云南高原地区种子植物区系[J]. 云南植物研究, 1995, 17(1): 1-14. LI Xiwen. Flora of Yunnan plateau[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1995, 17(1): 1-14.
- [4] 吴征镒, 李锡文. 云南热带亚热带植物区系研究报告第一集[C]. 北京: 科学出版社, 1965: 3-105. WU Zhengyi, LI Xiwen. The 1st volume of reports of tropical and subtropical flora in Yunnan[C]. Beijing: Science Press, 1965: 3-105.
- [5] 李锡文, 李捷. 从滇产东亚属的分布论述“田中线”的真实性和意义[J]. 云南植物研究, 1992, 14(1): 1-12. LI Xiwen, LI Jie. On the validity of Tanaka line and its significance viewed from the distribution of East Asia genera in Yunnan[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1992, 14(1): 1-12.
- [6] 朱华, 阎丽春. 再论“田中线”和“滇西-滇东南生态地理(生物地理)对角线”的真实性和意义[J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 870-876. ZHU Hua, YAN Lichun. Notes on the realities and significances of the “Tanaka line” and the “ecogeographical diagonal line” in Yunnan[J]. Advances in Earth Science, 2003, 18(6): 870-876.
- [7] 中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2006. Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences. Flora of Yunnan[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [8] 哀牢山自然保护区综合考察团. 哀牢山自然保护区综合考察报告集[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1985: 3-78. Organization of Scientific Investigation of Ailao Mountain Nature Reserve. Scientific Reports of Ailao Mountain Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Nationality Press, 1985: 3-78.
- [9] 李恒. 独龙江地区植物[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1993: 1-205. LI Heng. Flora of Drung River Area[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1993: 1-205.
- [10] 段诚忠. 苍山植物科学考察[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1995: 50-70. DUAN Chengzhong. Scientific Investigation of Plant on Cangshan Mountain[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1995: 50-70.

- [11] 李延辉. 西双版纳高等植物名录[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1996: 1-155.  
LI Yanhui. Lists of Senior Plants in Xishuangbanna[M]. Kunming: Yunnan Nationality Press, 1996: 1-155.
- [12] 谢培信. 楚雄彝族自治州生物资源科学考察报告集《种子植物名录》[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996: 1-300.  
XIE Peixin. Scientific Reports of Biological Resources in Chuxiong Prefecture[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1996: 1-300.
- [13] 李恒, 郭辉军, 刀志灵. 高黎贡山植物[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-300.  
LI Heng, GUO Huijun, DAO Zhiling. Flora of Gaoligong Mountains[M]. Beijing: Science Press, 2000: 1-300.
- [14] 许建初. 云南金平分水岭自然保护区综合科学考察报告集[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002: 20-95.  
XU Jianchu. Scientific Reports of Jingping Watershed Nature Reserve in Yunnan[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2002: 20-95.
- [15] 李宏伟. 白马雪山国家级自然保护区[M]. 昆明: 云南民族出版社, 2003: 3-107.  
LI Hongwei. Baima Mountain National Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Nationality Press, 2003: 3-107.
- [16] 许建初. 云南绿春黄连山自然保护区[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003: 5-39.  
XU Jianchu. Huanglianshan Nature Reserve in Yunnan[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2003: 5-39.
- [17] 税玉民. 滇东南红河地区种子植物[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003: 1-568.  
SHUI Yumin. Seed plants in Honghe region in southeast Yunnan[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2003: 1-568.
- [18] 杨宇明, 杜凡. 南滚河国家级自然保护区[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004: 12-200.  
YANG Yuming, DU Fan. Nangun River National Nature Reserve in China[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2004: 12-200.
- [19] 喻庆国. 无量山国家级自然保护区[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004: 3-129.  
YU Qingguo. Wuliangshan National Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2004: 3-129.
- [20] 昆明市林业局. 云南轿子山自然保护区[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 31-209.  
Forestry Bureau Of Kunming. Sedan Chair Mountain Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2006: 31-209.
- [21] 彭明春. 云南药山自然保护区生物多样性及保护研究[M]. 北京: 科学出版社, 2006.  
PENG Mingchun. Biodiversity and Its Protection of Yao Mountain in Yunnan, China[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [22] 欧晓昆, 张志明, 王崇云, 等. 梅里雪山植被研究[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 1-209.  
OU Xiaokun, ZHANG Zhiming, WANG Chongyun, et al. Vegetation research in Meili Mountain[M]. Beijing: Science Press, 2006: 1-209.
- [23] 杨宇明, 杜凡. 云南铜壁关自然保护区科学考察研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 1-198.  
YANG Yuming, DU Fan. Scientific Reports on Tongbiguan Nature Reserve in Yunnan[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2006: 1-198.
- [24] 喻庆国, 钱德仁. 小黑山自然保护区[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 1-211.  
YU Qingguo, QIAN Deren. Xiaoheishan Nature Reserve[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2006: 1-211.
- [25] 杨宇明, 田昆, 和世钧. 中国文山国家级自然保护区科学考察研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-273.  
YANG Yuming, TIAN Kun, HE Shijun. Science Reports of Wenshan National Reserve in China[M]. Beijing: Science Press, 2008: 1-273.
- [26] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991, 4(增刊): 1-139.  
WU Zhengyi. The areal-types of Chinese genera of seed plants[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1991, 4(suppl): 1-139.

## Geographical patterns of E. Asia flora in Yunnan, southwest China

FENG Jianmeng<sup>1\*</sup>, ZHU Youyong<sup>2,3</sup>

1. Department of Life Science and Chemistry, Dali University, Dali 671000, China;

2. The National Center for Agricultural Biodiversity in Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

3. Ministry of Education Key Laboratory of Agricultural Biodiversity for Plant Disease Management, Kunming 650201, China

**Abstract:** The basis of understanding vegetation's origin, nature and distribution was flora analysis. In this paper, we investigated the geographical patterns of E. Asia flora of seed plants in Yunnan, Southwest China, based on flora information at large scale coupled with geographical information system (GIS) and statistic analysis. The results showed that proportions of E. Asia flora and its subtypes increased with the increase of latitude. The proportions of Sino-Japan flora decreased from east to west, while the trend of Sino-Himalaya flora was on the contrary. The principle spreading trend of E. Asia flora was from north to south, and the secondary trend was from east to west and vice versa. Different from previous studies, we found that the source region of E. Asia flora was not Central Yunnan, but Northwest Yunnan. We also found that the Tanaka Line strictly limited the geographical distribution of Sino-Japan flora, East Asia flora in Yunnan. But it did not restrict the distribution of Sino-Himalayan flora.

**Key words:** E. Asia flora; geographical patterns; source region; Tanaka Line; Yunnan